

Efecto de siete bioestimulantes sobre la “gota” (*Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary) y la productividad en papa criolla amarilla (*Solanum tuberosum* Grupo Phureja)

Effect of seven biostimulants on the “gota” (*Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary) and the productivity in yellow criolla potato (*Solanum tuberosum* Group Phureja)

Viviana Carolina Achicanoy M.¹ y Gustavo Eduardo Mera F.²

¹Estudiante de pregrado, trabajo para optar título de Ingeniera Agrónoma. Facultad de Ciencias Agrícolas. Universidad de Nariño, San Juan de Pasto, Colombia. viviana960831@hotmail.com

²Estudiante de pregrado, trabajo para optar título de Ingeniero Agrónomo. Facultad de Ciencias Agrícolas. Universidad de Nariño, San Juan de Pasto, Colombia. gustavomera.fl@gmail.com

RESUMEN

La papa criolla amarilla es una importante opción agrícola para los pequeños sistemas productivos del departamento de Nariño, no obstante presenta predisposición al patógeno *Phytophthora infestans*, para el cual existen otras medidas de mitigación aparte del manejo convencional. Por consiguiente, el objetivo del presente trabajo fue comprobar el efecto de la aplicación de bioestimulantes, sobre la severidad del patógeno, el rendimiento y sus componentes. Se utilizó un diseño de bloques completos al azar con nueve tratamientos y tres repeticiones, evaluando a siete bioestimulantes que corresponden a: aminoácidos, *Ascophyllum nodosum*, *Lactobacillus*+*Trichoderma*, ácidos orgánicos, fosfitos de potasio, silicio y preparado artesanal, con aplicaciones foliares en cuatro etapas fenológicas del cultivo de papa. Encontrando efecto de fosfitos de potasio, *Lactobacillus*+*Trichoderma*, *Ascophyllum nodosum* y aminoácidos, con menores porcentajes de severidad de *P. infestans*, en comparación con el Testigo absoluto y preparado artesanal en diferentes etapas de evaluación, siendo los fosfitos de potasio el bioestimulante de mayor duración. Se determinó alta correlación con efecto negativo entre la severidad y número de tubérculos grandes, número de tubérculos medianos y el rendimiento y efecto positivo con el número de tubérculos muy pequeños, con grados de asociación de -0,84, -0,72, -0,80 y 0,49% respectivamente. Encontrando que el incremento de 1% de severidad, disminuyó en 0,04 el número de tubérculos grandes y medianos y aumentó en 0,05 el número de tubérculos muy pequeños, reduciendo finalmente en 0,12 t.ha⁻¹ el rendimiento. Los tratamientos más productivos fueron fosfitos de potasio y Testigo comercial, siendo éste último el de mayor viabilidad económica.

Palabras clave: Phureja, bioestimulantes, *Phytophthora infestans*, rendimiento.

ABSTRACT

Yellow Criolla potato (*Solanum tuberosum* group Phureja), is an important agricultural option in the small production systems of Nariño's department. However, there is predisposition to *Phytophthora infestans* pathogen. This requires other measures of mitigation aside from conventional management. For this reason, the present work was carried out with the purpose of verifying the effect of the biostimulating products application, on the pathogen's severity and yield with its components. Using completely randomized block design with nine treatments and three repetitions, evaluating seven products that correspond to: amino acids (Actmin), *Ascophyllum nodosum* (Algi-P), *Lactobacillus*+*Trichoderma* (Bioclean), organic acids (Nointox), phosphites (Phytofos), Silicon (Tricho-sil) and traditional preparation with foliar applications in critical phenological stages of development and reproduction of potato crop. It was found that the phosphites, *Lactobacillus*+*Trichoderma*, amino acids had an effect on the behavior of *P. infestans*, with lower percentages of severity compared with the absolute control and the artisanal preparation in different stages of evaluation, being the phosphites the longer duration treatment. High correlation was determined with negative effect of the severity on the variables numbers of large tubers, number of medium-sized tubers and yield, with degrees of association of -0.84 and -0.72 -0.80% respectively. Finding that for each unit of increase in the pathogen's severity is reduced in 0.12 t.ha⁻¹ yield and 0.04 the number of large and medium-sized tubers and increases the number of tiny tubers at 0.05. In addition, the most efficient treatments in crop productivity were phosphite and commercial control, the latter being the most economically viable.

Key words: Phureja, biostimulating, *Phytophthora infestans*, yield.

INTRODUCCIÓN

En el departamento de Nariño se cultivan 2,184 hectáreas de papa criolla en primero y segundo semestre (Secretaria de Agricultura y Desarrollo Rural, 2016). Este renglón se constituye en una importante opción agrícola en los sistemas productivos de pequeña escala del departamento de Nariño, por el crecimiento en la demanda del mercado a través del año, razón por la cual se requieren volúmenes periódicos de productos de buena calidad. Sin embargo, se presenta predisposición al ataque de *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary, causante de la gota que afecta en las etapas críticas de desarrollo y reproducción, de tal forma que requiere de otras medidas agronómicas de mitigación.

La gota de la papa es la afección de mayor importancia en este cultivo, ocasionando pérdidas hasta del 100% de la producción si no se realiza control. Según Zapata (2001), los productores de papa en Colombia, realizan aplicaciones de fungicidas de contacto como mancozeb y sistémicos como propamocarb, cymoxanil y dimetomorf, basadas en condiciones de precipitación y capacidad económica; cada 8 días o menos si hay lluvias y cada 12 días, si las lluvias no son persistentes. No obstante los pequeños productores en su mayoría no están en condiciones económicas de proteger al cultivo contra la gota, pues es una enfermedad que requiere de un manejo completo y de alto costo. Se estima que en promedio se realizan entre 5 y 18 aplicaciones de pesticidas para el control de este patógeno en el ciclo del cultivo, con costos que oscilan entre \$600,000 y \$2,160,000 por hectárea, representando entre el 8 y el 12% de los costos totales de producción (Orozco *et al.*, 2001; Oyarzun *et al.*, 2001).

De igual manera el excesivo e inadecuado uso de los pesticidas además de causar deterioro en el ambiente, puede producir problemas sobre la salud de los seres vivos incluido el hombre, debido a que sus moléculas son capaces de movilizarse a través del agua, suelo y aire a grandes distancias (Rodríguez *et al.*, 2014).

Actualmente existen nuevos sistemas de producción agrícola que se basan en un enfoque limpio, los cuales contribuyen en el aumento de la productividad y sustentabilidad al ser estrategias generadas a largo plazo, mediante tecnologías innovadoras que fomentan y proporcionan una mejor utilización de insumos asegurando rendimientos, calidad e inocuidad de los productos agrícolas, al minimizar el efecto negativo sobre el medio ambiente y generar una agricultura enfocada a la producción sostenible.

La industria de agroquímicos, actualmente ofrece una gama de productos que introducen modificaciones temporales en sistemas genéticos, responsables del fortalecimiento de rutas fisiológicas para superar las condiciones de estrés. Se destacan moléculas bioestimulantes, morfógenas, quelantes e inductoras de defensas. Este es el caso de los productos con moléculas de tecnología española a base de aminoácidos (Actmin); los procesados enzimáticamente como algas marinas *Ascophyllum nodosum* (Algi-p) y *Lactobacillus* + *Trichoderma* (Bioclean); activador de germinación y desarrollo + ácidos orgánicos (Nointox); fosfitos de potasio (Phytofos); silicio (Tricho-sil) y un preparado artesanal a base de microorganismos eficientes, los cuales además de tener propiedades nutricionales pueden ayudar a manejar diferentes situaciones de estrés.

En el presente trabajo se evaluó el efecto de los bioestimulantes nombrados anteriormente sobre el rendimiento de papa amarilla criolla y sus componentes y la respuesta del cultivo frente al patógeno *Phytophthora infestans* después de su aplicación.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización. El estudio se llevó a cabo en el corregimiento de Mapachico, municipio de Pasto-Nariño con precipitaciones promedio anuales de 840 mm, a una altitud de 2.750 msnm y en suelos Pachic Melanudans (IGAC, 2004).

Diseño experimental. Se utilizó un diseño de bloques completos al azar, con nueve tratamientos y tres repeticiones. Los tratamientos se identificaron como: T0-Testigo absoluto, T1-Testigo comercial (propamocarb), T2-Aminoácidos, T3-*Ascophyllum*

nodosum, T4-*Lactobacillus* + *Trichoderma*, T5-Ácidos orgánicos, T6-Fosfitos de potasio, T7- Silicio y T8-Preparado artesanal. El modelo estadístico es el siguiente:

$$Y_{ij} = \mu + T_i + \beta_j + \varepsilon_{ij}$$

Donde:

Y_{ij} observaciones de la unidad experimental

μ media

T_i efecto del i-ésimo tratamiento (bioestimulantes)

β_j efecto j-ésimo bloque

ε_{ij} error aleatorio

Se establecieron tres bloques cada uno con 47 surcos de 6 m. Entre los bloques se dejaron calles de 1 m de ancho. Cada bloque correspondió a una repetición. La unidad experimental o parcela tuvo cinco surcos de 6 m de longitud y entre parcelas se dejó 1 surco sin aplicación, también se dejó un surco en los extremos. Se trabajó con semilla registrada de tubérculos con un peso entre 30 y 40 g. La distancia de siembra fue de 1 m entre surco y en cada surco de 0,25 m entre tubérculos con un tubérculo por sitio.

Métodos estadísticos. Se realizó un análisis de varianza para las variables: severidad de la gota (*P. infestans*), componentes de rendimiento y rendimiento. Las variables que presentaron significancia se sometieron a comparación de medias de Tukey. Se realizaron correlaciones lineales de Pearson para establecer el grado de asociación de la severidad con el rendimiento y sus componentes. Para determinar el efecto de la tercera lectura de severidad sobre el rendimiento y sus componentes se efectuó análisis de regresión lineal entre esta variable (severidad) y las variables que tuvieron correlación significativa con ella.

Manejo de cultivo. Se preparó un lote de 22,30 por 48 m, donde se trazaron y abrieron 47 surcos de 20 m. La fertilización se realizó de acuerdo con antecedentes de respuesta agronómica de la fertilización en Colombia (Gómez y Castro, 2009), aplicando 1350 kg.ha⁻¹ de 15-15-15 más 250 Kg. ha⁻¹ de Mg (SO₄) en forma fraccionada a la siembra y al aporque. En el manejo de plagas, se aplicó fipronil a los 3 días después de la siembra (dds) para el control de *Ancognatha scarabaeoides*; imidacloprid + cipermetrina a los 21 dds para el control de áfidos y trips; lambdacialotrina + thiametoxan a los 60 y 75 dds para el

control de *Tecia solanivora* y *Premnotrypes vorax*. El manejo de arvenses se realizó a los 23 dds y por medio del aporque a los 52 y 64 dds.

Aplicación de productos. Para el tratamiento 1 se realizaron 5 aplicaciones iniciando con la presencia de los primeros síntomas de infección y en las etapas de reinfección, la dosis por aplicación fue de 1,6 L p.c.ha⁻¹. En los tratamientos 2, 3, 4, 5, 6 y 7, se aplicaron a los 20, 50, 60 y 75 dds dentro de las etapas fenológicas de emergencia, desarrollo de ramas y hojas, aparición de órganos florales y floración activa. La dosis utilizada en cada aplicación para estos tratamientos fue de 1,3 L p.c. ha⁻¹.

Para el tratamiento 8 se realizó un proceso de fermentación aeróbica completa, con 1 kg de estiércol fresco de ganado revuelto con medio litro de agua, medio litro de leche cruda, medio litro de melaza disuelta en un litro de agua tibia, 1 kg de enmienda Trifos (20% silicio, 15% calcio, 10% magnesio, 5% fosforo) completando hasta llegar a 30 litros. Luego de 5 días se revolvió y se adicionó 200 g de DAP, 200 g de urea, 200 g de nitrato de potasio. Por último a los 5 días se agregó 100 g de humus comercial y se completó con agua hasta llegar a 40 litros para una incubación de 5 días, finalmente antes de la aplicación se tamizó y se aplicó una cantidad de 133,2 L.ha⁻¹ (García, 2004). Se trabajó con las mismas frecuencias de aplicación de los tratamientos 2, 3, 4, 5, 6 y 7.

Variables evaluadas.

Para el número de tallos por planta, en la etapa de floración se tomaron 10 plantas al azar de los tres surcos centrales de cada unidad experimental y se realizó el conteo obteniendo los promedios respectivos (Jerez y Martín, 2012).

La severidad del patógeno (*P. infestans*) se evaluó de acuerdo con la medición del área muerta de la planta, utilizando la escala propuesta por Betancourth *et al.* (2008). La primera lectura se realizó a los 60 dds cuando en el T. absoluto aparecieron los primeros síntomas de infección, tomando 10 plantas al azar de los tres surcos centrales de cada parcela para obtener el promedio. Se realizaron 3 evaluaciones con intervalos de 15 días.

Escala para la evaluación de severidad	
Clasificación	Severidad
0	Sin infección
1	Menos del 5% afección
2	6-10% de afección
3	11-25% de afección
4	26-50% de afección
5	50-75% de afección
6	76-100% de afección

Para el número de tubérculos por planta, una vez el color del follaje adquirió una tonalidad verde amarillenta y hubo tendencia al volcamiento de las ramas, se contó en 10 plantas el número de tubérculos producidos de tamaño grande (peso mayor de 40 gramos), mediano (peso entre 21-40 gramos), pequeño (peso entre 11-20 gramos) y muy pequeño (peso menor a 10 gramos) y se sacó el promedio de cada clase. Se determinó por sumatoria el número total de tubérculos por planta (Pinza, 2005).

El peso en gramos de tubérculos por planta se tomó en las mismas 10 plantas empleadas para determinar las variables anteriores, obteniendo el promedio por tratamiento (Pinza, 2005). Para determinar el rendimiento por hectárea, se tuvo en cuenta el peso promedio del total de tubérculos por tratamiento y se llevó a $t.ha^{-1}$.

Análisis económico. Se utilizó la metodología de presupuesto parcial de Hernández, 2002. Para tal fin se tuvieron en cuenta los tratamientos que mostraron los mayores rendimientos con diferencias significativas sobre el resto de tratamientos evaluados. Además entre los tratamientos de menor rendimiento que fueron similares estadísticamente, se seleccionó el de menor costo. Para los tratamientos T comercial y fosfitos de potasio que mostraron significancia sobre los siete restantes y que a la vez presentaron similitud estadística en rendimiento, se usó el rendimiento promedio entre los dos, con el fin de no dar valor a las diferencias numéricas que solo son atribuibles al error experimental.

Los ingresos netos de los tratamientos seleccionados, se calcularon a partir del rendimiento total alcanzado por el precio del producto, que estuvo en función del porcentaje de tubérculos grandes, medianos, pequeños y muy pequeños y su valor por kilo en plaza de mercado. En estas variables los valores asignados a los tratamientos también dependieron del resultado de la comparación de medias, de tal forma que cuando dos tratamientos no

tuvieron diferencias significativas entre sí, el valor asignado a cada uno de ellos correspondió al promedio de los dos.

Una vez identificados los tratamientos en el análisis económico con base en los ingresos netos, estos fueron listados de mayor a menor con sus respectivos costos variables para hacer el análisis de dominancia. Aquellos tratamientos que tuvieron mayor costo variable y menor ingreso neto respecto al inmediatamente superior fueron dominados. Los tratamientos que resultaron no dominados pasaron al estudio de la tasa de retorno marginal y dentro de ellos se eligió al de mayor viabilidad económica.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Severidad del patógeno

Los cuadrados medios de tres evaluaciones de severidad del patógeno, indicaron diferencias estadísticas para los bioestimulantes a un nivel de significancia del 0,05 (Tabla 1).

Tabla 1. Cuadrados medios para componentes de severidad de *P. infestans*.

Fuentes de variación	gl	Primera evaluación	Segunda evaluación	Tercera evaluación
Bioestimulantes	8	52,99*	227,50*	261,40*
Bloques	2	6,31	10,22	14,15
Error	16	4,59	15,01	6,77
R2		0,86	0,88	0,91
CV		15,26	14,74	7,64

*Diferencias significativas ($P < 0.05$).

Primera evaluación. En la comparación de medias de componentes de severidad (Tabla 2), se observó que los tratamientos Testigo comercial (propamocarb), fosfitos de potasio, *Lactobacillus* + *Trichoderma* y *Ascophyllum nodosum* mostraron la más baja severidad con promedios de 8,44, 9,05, 10,08 y 12,20%, presentando diferencias significativas respecto a preparado artesanal y Testigo absoluto que obtuvieron promedios entre 18,64 y 18,77%. Los tratamientos aminoácidos, silicio y ácidos orgánicos, mostraron un comportamiento intermedio con 16,19, 14,87 y 18,17%, respectivamente.

Tabla 2. Comparación de medias del componente de severidad.

Bioestimulantes	Primera evaluación		Segunda evaluación		Tercera evaluación	
T. comercial	8,44	A	16,72	A	21,65	A
Fosfitos de potasio	9,05	A B	17,26	A B	20,78	A
<i>Lactobacillus</i> + <i>Trichoderma</i>	10,08	A B C	20,25	A B	29,66	B
<i>Ascophyllum nodosum</i>	12,20	A B C D	24,22	A B C	32,75	B C
Aminoácidos	16,19	B C D E	22,16	A B C	32,75	B C
Silicio	14,87	B C D E	32,31	C	37,73	C D
Ácidos orgánicos	18,17	D E	28,05	B C	39,08	C D
Preparado artesanal	18,64	E	31,81	C	43,26	D E
T. absoluto	18,77	E	43,78	D	48,91	E
Comparador Tukey 0,05	6,22		11,25		7,55	

Letras distintas indican diferencias significativas

Segunda evaluación. Los tratamientos T. comercial, fosfitos de potasio y *Lactobacillus* + *Trichoderma*, mantuvieron la tendencia de mejor comportamiento observada en la anterior evaluación, con promedios de porcentajes de severidad de 16,72, 17,26 y 20,25%, presentando diferencias estadísticas frente al T. absoluto, preparado artesanal y silicio que obtuvieron promedios de 43,78, 31,81 y 32,31% respectivamente.

Tercera evaluación. Los tratamientos T. comercial, fosfitos de potasio y *Lactobacillus* + *Trichoderma*, confirmaron la misma tendencia de las dos primeras evaluaciones con promedios de 21,65, 20,78 y 29,66%, mostrando diferencias significativas respecto al T. Absoluto, preparado artesanal, ácidos orgánicos y silicio, que alcanzaron porcentajes de severidad de 48,91, 43,26, 39,08 y 37,73%. Adicionalmente, se pudo observar que de los tratamientos que mostraron mejor capacidad de protección contra el patógeno, los fosfitos de potasio y T. comercial, presentaron un comportamiento superior a los demás tratamientos evaluados con diferencias significativas.

Algunos productos evaluados como *Lactobacillus* + *Trichoderma* y *Ascophyllum nodosum*, perdieron su capacidad de protección desde la segunda evaluación, mientras que el T. comercial y los fosfitos de potasio presentaron efecto positivo hasta el final de las evaluaciones.

El uso principal de los fosfitos es el control de oomycotas como: *Phytophthora*, *Pseudoperonospora*, *Peronospora*, *Pythium*, *Albulgo*, *Bremia*, etc. Es por esta razón que este bioestimulante tomó relevancia en la presente investigación. La acción fungicida de los fosfitos, puede ser explicada mediante dos vías. La primera es un efecto indirecto relacionado con el incremento de la resistencia, en donde intervienen en el metabolismo de la planta como elicitores, estimulando la vía del ácido shiquímico, con lo cual promueven la formación de peroxidasas, fitoalexinas y la acumulación de polímeros fenólicos, además de lignina, en el sitio de infección (Ávila *et al.*, 2011). La otra vía de acción de los fosfitos es el efecto directo, en donde el fosfito absorbido por el hongo incrementa el pirofosfato inorgánico, que inhibe las reacciones clave de la fosforilación en hongos y oomycotas (Niere *et al.*, 1994). La síntesis de adenilato (proteína transmembrana encargada del metabolismo energético y canal de señalización), parece ser uno de los principales sitios de acción de fosfitos en hongos (Griffith *et al.*, 1990). De esta manera, los procesos implicados en transferencia energética del patógeno, sufren un considerable retraso e incluso pueden llegar a bloquearse. Además la competencia entre el fosfato y fosfito, hace que no se cumpla plenamente su función, debido a las diferencias en su estructura tridimensional, fracasando en la construcción del ADN, la estructuración de las membranas con fosfolípidos y en la formación del ATP (Moreno, 2011; Rodríguez, 2017).

Por otra parte el producto propamocarb usado como Testigo comercial, hace parte del grupo de los carbamatos que afectan la permeabilidad de la membrana celular y la síntesis de ácidos grasos (FRAC, 2017), lo cual genera un control eficiente pues tiene actividad sistémica y translaminar con movimiento acropetal una vez que *P. infestans* ha penetrado en la planta (Fernández-Northcote *et al.*, 1999). García *et al.* (2008) reportan acción de dicho ingrediente activo sobre la gota de la papa (*P. infestans*), mediante la metodología de inmersión de discos de hoja con dosis del producto, observando una reducción de 41,181 esporangios.ml⁻¹ a menos de 500 esporangios.ml⁻¹ en la dosis máxima recomendada (13 mg.l⁻¹). De igual manera, la presente investigación confirmó en campo la efectividad de propamocarb como uno de los mejores tratamientos, al reportar una severidad final del 21,65% en madurez fisiológica que se dio a los 90 dds.

Por otro lado, los fermentos producidos por bacterias del género *Lactobacillus sp*, sus compuestos de enzimas y otros metabolitos, también inducen una gran variedad de mecanismos de resistencia y estimula a la planta para hacer frente al estrés biótico y oxidativo generado por el ataque de hongos y bacterias fitopatógenas. Wang *et al.* (2012) investigaron la producción y caracterización de compuestos anti fúngicos producidos por *Lactobacillus plantarum* IMAU10014, encontrando una capacidad inhibidora marcada contra *Phytophthora drechsleri*, por la producción de ácido bencenoacético antifúngico ester 2-propenílico.

De igual manera, *Trichoderma* es un microorganismo beneficioso que contribuye con la atenuación de los daños que causan los patógenos en las plantas, con un control eficaz por su capacidad reproductiva. Infante *et al.* (2009) reportan que *Trichoderma* tiene diversos mecanismos de acción, destacándose principalmente la competencia (antagonismo), plasticidad ecológica debido a la presencia de su forma natural en diferentes suelos y antibiosis. Ahmed *et al.* (2000) trataron la semilla de pimienta con *Trichoderma harzianum* y lo aplicaron en campo, demostrando controles eficientes pues al ser aplicado a la raíz, éste induce una respuesta sistémica de defensa contra *Phytophthora capsici*.

Estos argumentos permiten entender el comportamiento del tratamiento *Lactobacillus* + *Trichoderma*, que mostró hacer parte del grupo de mayor capacidad de protección contra *P. infestans* hasta los 75 dds, sin embargo a los 90 dds su capacidad de control se redujo siendo superada por los tratamientos fosfitos de potasio y T. comercial.

Las algas pardas *Ascophyllum*, también han sido estudiadas a lo largo del tiempo, encontrando que su efecto bioestimulante incrementa la resistencia ante enfermedades fúngicas. Lizzi *et al.* (1998), encontraron que con la aplicación foliar de extractos de algas (*Ascophyllum nodosum*), se reducen significativamente la infección en hojas afectadas por *Phytophthora capsici* y *Plasmopora viticola* en condiciones de laboratorio. Los mismos autores demostraron el aumento de peroxidasas y la concentración de fitoalexinas, ambos marcadores de la resistencia en las hojas de pimienta. Sin embargo en la presente investigación el tratamiento con algas pardas *Ascophyllum nodosum* que mostró su eficiencia sobre el T. absoluto, solo logró niveles intermedios de control al presentar una severidad de 32,75%, siendo mayor a la

severidad de la última lectura obtenida por fosfitos de potasio y T. comercial (20,78 y 21,65%).

Los aminoácidos que corresponden a otro de los tratamientos evaluados, son catalizadores de procesos hormonales de rápida translocación, tanto por vía foliar como radicular, su acción sobre el organismo vegetal se ha centrado en la superación de situaciones de estrés (cambio de cualquier factor ambiental que actué sobre el vegetal, afectando la respuesta bioquímica y fisiológica de la planta) y actividad metabólica como es en la brotación, floración y fructificación (AEFA, 2017). Prieto (2011), aisló y purificó una tionina (un grupo de péptidos antimicrobianos llamados también defensinas de plantas) de tomate (*Lycopersicum esculentum* var. Cerasiforme), para evaluar la capacidad anti fúngica contra la cepa de *P. infestans*, encontrando que para la inhibición del 50% de crecimiento del hongo, se necesitan $3 \mu\text{g}.\text{ml}^{-1}$ de la extracción del líquido de lavado intracelular de las hojas del tomate. Sin embargo en la presente investigación el tratamientos aminoácidos, aunque fue superior al T. absoluto y al preparado artesanal con un 13,33% menos de severidad de la enfermedad, no logró los mejores resultados, registrando a los 90 dds (tercera evaluación) un 11,53% menos en el control del patógeno, en comparación con fosfitos de potasio y T. comercial.

Los reportes anteriores sobre el control de *P. infestans* con *Ascophyllum nodosum* y aminoácidos fueron generados en laboratorio, en donde muestran alta eficiencia, sin embargo en los ensayos de campo realizado en este estudio, solo se pudieron confirmar de forma parcial, dado que hubo dos tratamientos (fosfitos de potasio y T. comercial) que lograron mayor control del patógeno.

Componentes de rendimiento

Los cuadrados medios para las variables: número de tubérculos grandes y medianos, rendimiento, presentaron diferencias altamente significativas, mientras que para número de tallos por planta, número de tubérculos por planta, tubérculos pequeños y tubérculos muy pequeños no se presentaron diferencias estadísticas (Tabla 3).

Tabla 3. Cuadrados medios para componentes de rendimiento y número de tubérculos.

Fuentes de variación	gl	Número de tallos por planta	Número de tubérculos por planta	Rnto (t.ha ⁻¹)	Número de tubérculos grandes	Número de tubérculos medianos	Número de tubérculos pequeños	Número de tubérculos muy pequeños
Bioestimulantes	8	0,13	4,22	13,32**	1,44**	1,39**	1,9	2,74
Bloques	2	0,51*	6,22	2,24*	0,26	0,3	1,87	0,84
Error	16	0,07	3,43	0,61	0,08	0,19	1,34	2,17
R ²		0,65	0,46	0,92	0,90	0,79	0,47	0,40
C.V.		6,59	8,19	6,86	24,87	11,90	18,89	12,74

*Diferencias significativas (P<0,05)

Número de tallos por planta. La aplicación de los tratamientos no ejercieron un efecto sobre el aumento o disminución de esta variable, resultados que coinciden con lo reportado por Cabezas y Corchuelo (2005), indicando que las plantas provenientes del tubérculo-semilla, presentan en promedio cinco tallos los cuales ramifican de acuerdo a la densidad de siembra, siendo el número de tallos una característica fisiológica de la planta. INIAP (2002), afirma que la densidad de tallos por m², influye directamente sobre la cantidad de tubérculos que pueden alcanzar un tamaño comercial, siendo un factor agronómico determinante en la producción, sin embargo el número de brotes producido depende de la variedad, edad fisiológica, tamaño, manejo y tratamiento de semilla.

Número de tubérculos por planta. En el análisis de varianza para componentes de rendimiento (Tabla 3), se observó que los tratamientos no ejercieron efecto sobre el número de tubérculos. El número de tubérculos por planta es una característica fisiológica que está influenciada por la interacción genotipo-ambiente. FEDEPAPA (2009), afirma que cada tallo es una unidad de producción independiente, que puede llegar a producir entre 2,5 y 8,0 tubérculos, indicando que el número de tubérculos producidos por m², depende de los tubérculos producidos por tallo y que este a su vez depende de la densidad de siembra (número de tallos por m²), las condiciones del suelo y la disponibilidad de agua.

Número de tubérculos pequeños y muy pequeños. No se encontraron diferencias significativas en el análisis de varianza para estas variables (Tabla 3), indicando que los tratamientos no influyeron en la cantidad de tubérculos de estas categorías, lo cual sugiere que este carácter depende principalmente de la distancia de siembra o la de tercera (pequeños),

pero estas densidades no afectan directamente a la cantidad de tubérculos de primera (grandes) o segunda (medianos). Al respecto Wiersema (1987), afirma que los tubérculos de menor tamaño, predominan con altas densidades de tallos en comparación a densidades más bajas. Por otro lado Jerez-Mompié *et al.* (2017) expresan que la formación de tubérculos depende de la disponibilidad de asimilados y la habilidad de los tubérculos para acumularlos.

Número de tubérculos grandes. En la comparación de medias (Tabla 4), se observó que los tratamientos T. comercial y fosfitos de potasio fueron mejores estadísticamente, con promedios de 2,00 y 2,57 tubérculos grandes por planta, en comparación con el resto de tratamientos que fueron similares estadísticamente con promedios entre 0,47 y 1,10.

Número de tubérculos medianos. En la comparación de medias de componentes de rendimiento (Tabla 4), se destacó el tratamiento fosfitos de potasio con un promedio de 4,73, superando a los tratamientos T. absoluto, ácidos orgánicos y preparado artesanal, que obtuvieron promedios entre 2,57 y 3,13 de tubérculos medianos por planta. Por su parte el T. comercial (4,23) superó a los tratamientos ácidos orgánicos (2,93) y preparado artesanal (2,57).

Se observó que los tratamientos con porcentajes menores de severidad: fosfitos de potasio (20,78%) y T. comercial (21,65%), obtuvieron mejores resultados en el número de tubérculos grandes (2,00 y 2,57) y tubérculos medianos (4,73 y 4,23) respectivamente, en comparación a tratamientos que presentaron severidades mayores al 30% (tercera lectura), ya que se obtuvieron entre 0,47 y 1,10 tubérculos grandes, 2,57 y 3,27 tubérculos medianos. Estos resultados coinciden con lo expresado por Romero *et al.* (2012), quienes observaron que en el cultivar Zafiro (moderadamente resistente) predominaron tubérculos de categoría segunda (3-

Tabla 4. Comparación de medias de componentes de rendimiento y número de tubérculos.

Bioestimulantes	Rendimiento (t.ha ⁻¹)		Número de tubérculos grandes		Número de tubérculos medianos
Fosfitos de potasio	15,47	A	2,57	A	4,73 A
T. comercial	14,35	A	2,00	A	4,23 A B
Silicio	11,31	B	0,83	B	3,90 A B C D
<i>Lactobacillus+Trichoderma</i>	11,24	B	1,10	B	4,07 A B C
Aminoácidos	10,82	B	1,10	B	3,57 A B C D
Ácidos orgánicos	10,46	B	0,67	B	2,93 C D
<i>Ascophyllum nodosum</i>	10,05	B	1,03	B	3,70 A B C D
Preparado artesanal	9,77	B	0,60	B	2,57 D
T. absoluto	9,28	B	0,47	B	3,13 B C D
Comparador Tukey 0,05	2,27		0,83		1,26

Letras distintas indican diferencias significativas

6 cm de diámetro) y en el cultivar Alpha (susceptible ante *P. infestans*) predominaron tubérculos con calidad tercera (< 3cm de diámetro) con 100% de severidad a los 50 dds. Por otra parte Morales (1994), afirma que la pérdida causada por *P. infestans*, es directamente por la época de infección, demostrando que a mayor severidad y en infecciones más tempranas del cultivo, la enfermedad causa mayores pérdidas en rendimiento al presentar tubérculos de menor tamaño.

Rendimiento. En la comparación de medias (Tabla 4), los tratamientos de mayor promedio fueron fosfitos de potasio y el T. comercial (Propamocarb) con un rendimiento de 15,47 y 14,35 t.ha⁻¹ superando al resto de los tratamientos evaluados, cuyos rendimientos están entre 9,77 y 11,24 t.ha⁻¹. Según el Consolidado Agropecuario de Nariño, (2016) el rendimiento promedio es de 10,83 t.ha⁻¹ de papa amarilla criolla. Los tratamientos estuvieron entre el rango del promedio nacional.

En la aplicación de los fosfitos de potasio, el rendimiento alcanzado (15,47 t.ha⁻¹), está relacionado con el poco avance de la enfermedad a lo largo del ciclo fenológico y no a la aplicación de fosfitos de potasio como fuente de nutrición, resultados respaldados por Bertsch *et al.* (2009), quienes afirman que los fosfitos no necesariamente tienen funciones nutricionales dentro de la planta, pues no participan en las rutas bioquímicas llevadas a cabo por el fosfato. Se realizaron evaluaciones de fosfitos como fuente de fertilizante de fósforo “P” vía radical y foliar en lechuga, banano y tomate; en el ensayo vía raíz, el P en forma de fosfito no es utilizable por la planta para llenar sus necesidades nutricionales, mientras que la combinación de fosfito más fosfato vía raíz tendió a promover mayor absorción total de P. Además, el suplemento de P mediante la aplicación de fosfitos vía foliar, en condiciones de carencia del elemento vía raíz no contribuyó al crecimiento de los cultivos, ni mejoraron la absorción de este nutrimento en el follaje. Entonces, el efecto principal de los fosfitos es sobre la activación de respuestas de defensa para detener el avance del patógeno pre y post penetración. (Guest y Grant, 1991).

En Ecuador diferentes autores han reportado a los fosfitos como una alternativa para el control de *P. infestans*. Es así como Cuvi (2011), determinó la eficiencia del fosfito de potasio

y algunos fungicidas en un ensayo de campo, encontrando que el mayor promedio de rendimiento se obtuvo mediante una combinación de fosfito+mancozeb en rotación con dimetomorph+mancozeb, alcanzando valores de 9,39 t.ha⁻¹. Por su parte Taípe *et al.* (2008) evaluó los fosfitos de K al 50%, de Ca al 23%, de Cu al 65% y como testigos a dimetomorph y un tratamiento sin aplicación en tres genotipos de papa. Los resultados obtenidos indicaron, que los fosfitos fueron tan efectivos para el control del tizón tardío como el dimetomorph en los genotipos evaluados. Los rendimientos más altos de 17 y 21 t.ha⁻¹ se obtuvieron con fosfito de K al 50% y dimetomorph respectivamente. Los fosfitos de Ca y Cu alcanzaron rendimientos de 13 y 15 t.ha⁻¹, superiores al testigo sin aplicación con 7,6 t.ha⁻¹.

Análisis de correlación. No se observó ningún grado de asociación entre la severidad del patógeno en sus tres lecturas y las variables número de tallos y número de tubérculos pequeños (Tabla 5), resultado que indica que la severidad no tuvo influencia en la expresión de estos caracteres. Para número de tubérculos totales, solamente la primera lectura de severidad mostró una correlación significativa y negativa, pero su coeficiente es relativamente bajo (-0,39), mientras que en la segunda y tercera lectura de severidad no hubo correlación con dicha variable. En consecuencia el porcentaje de severidad final del patógeno no afectó el número total de tubérculos. La severidad obtuvo una correlación significativa negativa y alta con la variable número de tubérculos grandes que osciló entre -0,63 y -0,84, igualmente sucedió en la correlación con el número de tubérculos medianos que osciló entre -0,47 y -0,75, indicando que a medida que el patógeno afectó a la planta, el número de tubérculos grandes y medianos se redujo.

Tabla 5. Correlaciones entre las variables severidad y componentes de rendimiento.

Variable	Número de tallos	Número de tubérculos	Rendimiento (t.ha ⁻¹)	Tubérculos grandes	Tubérculos medianos	Tubérculos pequeños	Tubérculos muy pequeños
Sev 1	-0,04ns	-0,39*	-0,70**	-0,73**	-0,75**	-0,22ns	0,44*
Sev 2	-0,34ns	-0,28ns	-0,60**	-0,63**	-0,47*	-0,17ns	0,43*
Sev 3	-0,29ns	-0,36ns	-0,80**	-0,84**	-0,72**	-0,21ns	0,49**

*Diferencias significativas (P<0,05).

En contraste, la correlación entre severidad y número de tubérculos muy pequeños fue significativa y positiva con coeficientes entre 0,44 y 0,49, lo cual sugiere una leve tendencia a

aumentar los tubérculos muy pequeños a medida que aumenta la severidad del patógeno. Lo anterior sugiere que la severidad del patógeno afectó más el tamaño de los tubérculos que el número de total de los mismos.

En rendimiento, la severidad tuvo correlaciones significativas negativas con coeficientes altos que oscilaron entre -0,60 y -0,80, indicando que existe una tendencia hacia la reducción del rendimiento a medida que se incrementa la severidad del patógeno, como consecuencia de la reducción del tamaño de los tubérculos antes discutida.

Análisis de regresión. El ajuste de los datos al modelo de regresión lineal (R^2) para las variables número de tubérculos grandes, medianos, y pequeños además del rendimiento, fue de 0,71, 0,52, 0,24 y 0,64% respectivamente (Tabla 6). Las gráficas de regresión lineal muestran que por cada unidad de incremento en la severidad de *P. infestans*, se produce una reducción de 0,04 en el número de tubérculos grandes y en el número de tubérculos medianos, mientras que el aumento de una unidad de severidad produce un incremento de 0,05 en el número de tubérculos muy pequeños y en la variable rendimiento, por cada unidad de aumento en severidad se produjo una disminución de 0,12 t.ha⁻¹ (Figura 1). A pesar de que en la regresión realizada para las variables severidad final y número de tubérculos muy pequeños presentó un R^2 bajo (0,24), el ANDEVA para la regresión mostro efecto significativo entre estas dos variables (Tabla 6). Los resultados del análisis de regresión, confirman la tendencia observada en el análisis de correlación y cuantifican las pérdidas en rendimiento por efecto del patógeno, a partir de la reducción en el número de tubérculos de tamaño grande y mediano, con el consecuente incremento de tubérculos de tamaño muy pequeño, lo cual hizo que se mantenga sin afectar el número de tubérculos totales.

La reducción de tubérculos grandes y medianos causada por la severidad del patógeno *P. infestans* observada en la presente investigación, concuerda con lo reportado por Romero *et al.* (2012) en *Solanum tuberosum* L, quienes al evaluar la relación cuantitativa entre el rendimiento de papa y la severidad de *P. infestans*, encontraron que el rendimiento por categorías comerciales (primera, segunda y tercera), estuvo en función de la severidad, en el cultivar alfa (susceptible).

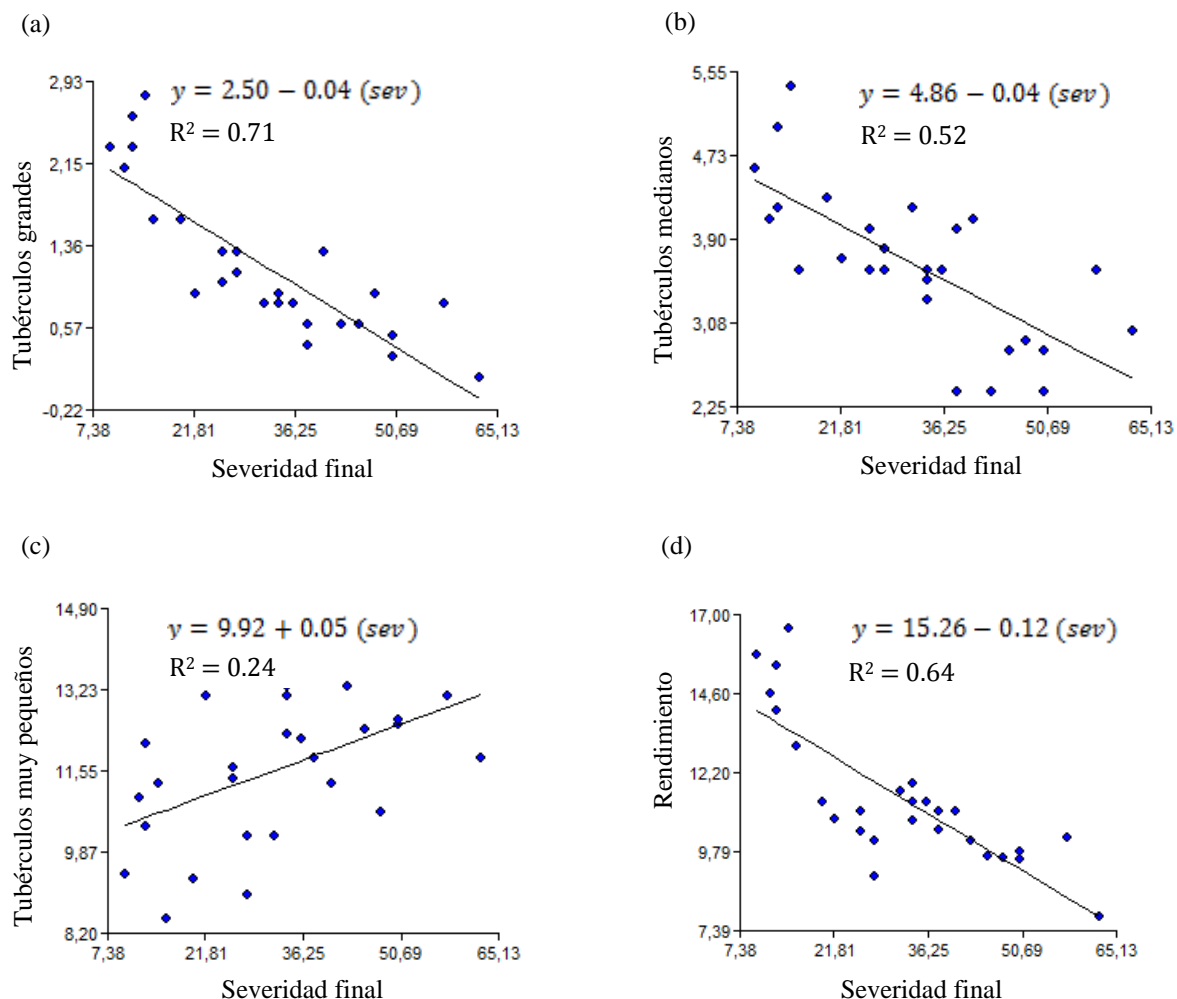


Figura 1. Grafica de regresión lineal entre severidad final de *P. infestans* y el rendimiento con sus componentes: (a). Número de tubérculos grandes, (b). Número de tubérculos medianos, (c). Número de tubérculos muy pequeños y (d). Rendimiento.

Tabla 6. Cuadrados medios de la regresión de la severidad con los componentes de rendimiento.

Variable	Rendimiento (t.ha ⁻¹)	Número de tubérculos grandes	Número de tubérculos medianos	Número de tubérculos muy pequeños
Severidad final	77,52***	9,49***	7,66***	14,28**
R ²	0,71	0,52	0,64	0,24

Análisis Económico

Los tratamientos seleccionados fueron los que mostraron diferencias estadísticas en la variable rendimiento. Además entre los tratamientos que presentaron un rendimiento similar se seleccionó el de menor costo. De esta manera los tratamientos seleccionados fueron T. comercial y T. absoluto, sin embargo, se seleccionó también al bioestimulante fosfitos de potasio, por representar una alternativa importante al igualar en rendimiento y en control de *P. infestans* al T. comercial. A estos tratamientos se les calculó los respectivos costos variables e ingresos netos (Tabla 7).

Tabla 7. Costos variables para el sistema de producción de papa criolla.

Insumos y Materiales	Valor unitario	Cantidad ciclo productivo	Fosfitos de potasio	T. comercial (Propamocarb)	Testigo Absoluto
Costo de Phytofos (\$/ha ⁻¹) – fosfitos de potasio	75,000 \$/L	5,33 L pc.ha ⁻¹	399,750	0	0
Costo de Propamocarb (\$/ha ⁻¹) - T. Comercial	30,000 \$/L	8,33 L pc.ha ⁻¹	0	249,900	0
Costos jornales \$/ha ⁻¹	20,000	20 Jornales.ha ⁻¹	400,000	-	0
	\$/Unid.	25 Jornales.ha ⁻¹	-	500,000	0
Intereses por ha en 4 meses del cultivo*	-	-	31,990	29,996	0
Subtotal Costos variables \$/ha ⁻¹	-	-	799,750	749,900	0
Total Costos variables=SCV+CC (\$/ha ⁻¹)	-	-	831,740	779,896	0
Ingresos					
Rendimiento medio t.ha ⁻¹			14,91	14,91	9,28
Rendimiento medio t.ha ⁻¹ de tubérculos grande y mediana			4,22	4,22	1,61
Rendimiento medio t.ha ⁻¹ de tubérculos pequeños			4,17	4,17	2,07
Rendimiento medio t.ha ⁻¹ de tubérculos muy pequeños			6,52	6,52	5,60
Ingreso total \$/ha ⁻¹ **			11'264,426	11'264,426	5'170,297
Ingreso neto (Ingreso total- Costos variables)			10'432,686	10'484,530	5'170,297

*Tasa de interés por año 12%.

**El ingreso total se calculó con base en el precio promedio de papa lavada del 2017. Según la Corporación de Abastos de Bogotá: \$1,722 pesos/kg para las categorías grandes y medianas, \$688,8 pesos/kg para la categoría pequeñas y \$172,2 pesos/kg para la categoría muy pequeñas.

Análisis de dominancia. Se listaron los tratamientos de mayor a menor ingreso neto con su respectivo costo variable. Un tratamiento es dominado cuando el inmediatamente superior en ingreso neto tiene menor costo variable. Con base en lo anterior, a pesar de la eficiencia agronómica para el control de *P. infestans*, el tratamiento fosfitos de potasio fue dominado por el tratamiento T. comercial. Por lo tanto los tratamientos no dominados fueron T. absoluto y T. comercial (Tabla 8), los cuales pasaron al análisis de tasa de retorno marginal.

Tabla 8. Análisis de dominancia.

Tratamiento	Ingreso neto \$	Costos variables \$
T. comercial (propamocarb)	10'484,530	779,896 ND
Fosfitos de potasio	10'432,686	831,740 D
T. absoluto	5'170,297	0 ND

Tasa de Retorno Marginal “TRM”. Se encontró que el tratamiento T. comercial obtuvo una TRM de 6,81 con respecto al T. absoluto, es decir, que si se cambia del T. absoluto a la aplicación de T. comercial, por cada peso invertido en esta alternativa se obtendrá una ganancia adicional de \$6,81, siendo esta la alternativa económica más viable para el productor (Tabla 9).

Tabla 9. Tasa de Retorno Marginal.

Tratamiento	Ingreso neto \$	Costos variables \$	Incremento en ingreso neto	Incremento en costo variable	Tasa retorno marginal
T. comercial	10'484,686	779,896			
			5'314,233	779,896	6,81
T. absoluto	5'170,297	0			

Sin embargo el tratamiento con fosfitos de potasio, a pesar de estar dominado por el T. comercial y por esa razón no haberse incluido en la tabla de análisis de TRM, puede constituirse en una alternativa más limpia, duradera e igual de eficiente al propamocarb en el control del patógeno. Si se le da peso e importancia a este tratamiento (fosfitos de potasio) por las ventajas ecológicas y de impacto ambiental que representa sobre el fungicida

propamocarb, entonces sería procedente el cálculo de la tasa de retorno marginal sobre el T. absoluto, la cual sería de 6,33% siendo viable económicamente para el productor. Autores como Taipei *et al.* (2008) afirman que los fosfitos son productos enfocados a agriculturas más limpias, ofreciendo alternativas a fungicidas peligrosos y que al combinarse con resistencia genética reducen el impacto ambiental de 10 a 12 veces frente a prácticas comunes.

A diferencia de los pesticidas carbamatos que son inestables químicamente y pueden generar productos tóxicos para el ser humano y alterar la biota (Narváez *et al.*, 2012), los fosfitos no presentan este tipo de problemas ya que son productos que atacan al patógeno de maneras diferentes, como: limitar procesos energéticos del patógeno, activar sistemas de defensa dentro de la planta mediante estímulo de las diferentes rutas metabólicas para la producción de fitoalexinas, compuestos fenólicos, antioxidantes, entre otros, los cuales no tienen impactos negativos para el ambiente y los seres vivos (Niere *et al.*, 1994).

CONCLUSIONES

El uso de fosfitos de potasio como inductor de defensa en la planta, mostró su eficiencia al igualar al testigo comercial (propamocarb), siendo estos los tratamientos que presentaron la menor severidad de la gota de la papa *P. infestans* y los mayores rendimientos.

El incremento en la severidad de la gota, afectó negativamente el número de tubérculos grandes y medianos, aumentando el número de tubérculos muy pequeños y reduciendo el rendimiento final.

El pesticida propamocarb fue la alternativa económica más viable, con una TRM sobre el testigo absoluto de 6,81 pesos por cada peso invertido. Sin embargo, el uso de fosfitos de potasio es una opción importante por ser amigables con el ambiente y presentar una TRM de 6,33 respecto al testigo absoluto.

AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan sus más sinceros agradecimientos a: Benjamín Sañudo I.A., Marino Rodríguez M.Sc., Grupo de Investigación en Cultivos Andinos (GRICAND) de la Universidad de Nariño y Hernando Rivera I.A. Gerente de ABONAR S.A.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AEFA - Asociación Española de Fabricantes de Agro Nutrientes. (2017). Los aminoácidos y su interacción con los vegetales. Recuperado de AEFA, <https://aefa-agronutrientes.org/los-aminoacidos-y-su-interaccion-con-los-vegetales>.
- Ahmed, S.; Perez, C. & Candela, M. (2000). Resistance in Pepper plants (*Capsicum annum*) to *Phytophthora capsici* using *Trichoderma harzianum* and its relation with capsidiol accumulation. *European Journal of Plant Pathology*. 106(9): 817-818.
- Arias, V.; Bustos, P. & Núñez, L. (1996). Evaluación del rendimiento en papa criolla (*Solanum phureja*) variedad "yema de huevo", bajo diferentes densidades de siembra en la sabana de Bogotá, *Agronomía Colombiana*. 13(2):9.
- Ávila, F.; Faquin, V.; Lopes, J.; Marques, D.; Ribeiro, M.; Da Silva, A.; Ramos, S. & Pereira, D. (2011). Phosphite supply effects phosphorus nutrition and biochemical responses in maize plants, *Australia journal of crop science*. 5(6):646-653.
- Bertsch, F.; Ramírez, C. & Hernández, C. (2009). Evaluación del fosfito como fuente de fertilizante de fósforo vía radical y foliar. *Agronomía Costarricense*. 33(2):249-254.
- Betancourth, C.; Portilla, E. & Salas, H. (2008). Evaluación de la reacción de nueve genotipos de papa (*Solanum tuberosum* subsp. andigena) al ataque de *Phytophthora infestans* (Mont) de Bary. *Agronomía Colombiana*. 26(3): 411- 416.

Cabezas, M. y Corchuelo, G. (2005). Estimación de la interceptación de la radiación solar en papa criolla *Solanum phureja* en tres localidades de colombianas. *Agronomía Colombiana*. 95.

Cuvi, L. (2011). Eficiencia de formulaciones de fungicidas sistémicos para el control del “Tizón tardío” (*Phytophthora infestans*) en papa. Recuperado de INIAP, <http://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/375/1/iniapsctC992ef.pdf>; consulta: octubre, 2017.

FEDEPAPA - Federación Colombiana de Papa. (2009). Recopilación de la investigación del sistema productivo papa criolla. Recuperado de <https://sioc.minagricultura.gov.co/Papa/Documentos/005%20Documentos%20T%C3%A9cnicos/005%20D.T%20Libro%20Papa%20Criolla.pdf>; consulta: septiembre, 2017.

Fernández-Northcote, E.; Navia, O. y Gandarillas, A. (1999). Bases de las estrategias de control químico del tizón tardío de la papa desarrolladas por PROINPA en Bolivia. *Revista Latinoamericana de la papa*. 11:1-25.

FRAC - Comité de Acción de la Resistencia a Fungicidas. (2017). Fungicidas ordenados por el modo de acción. Recuperado de FRAC, <http://www.frac.info/docs/default-source/publications/frac-code-list/frac-code-list-2017-final.pdf>; consulta: octubre, 2017.

García, M. (2004). Guía para el manejo de tecnologías de producción limpia. Serie ciencia y tecnología No 137. Bogotá. 56 p.

García, H.; Marín, M.; Jaramillo, S. y Cotes, J. (2008). Sensibilidad de aislamientos colombianos de *Phytophthora infestans* a cuatro fungicidas sistémicos. *Agronomía Colombiana*. 26(1):47-57.

- Gómez, M. y Castro, H. (2009). Gestión de la fertilidad de suelos: diagnóstico, interpretación y recomendación de nutrientes en la fertilización de cultivos. Diplomado en fertilidad de suelos y fertilizantes. Ingeplant. Bogotá. 61.
- Griffith, J.; Smillie, R. y Grant, B. (1990). Alteraciones en los niveles de nucleótidos y pirofosfatos en *Phytophthora palmivora* después de la exposición al agente antifúngico fosfonato de potasio (fosfito). *J Gen Microbiol.* 136:1285 – 1291.
- Guest, D. y Grant, B. (1991). La acción compleja de los fosfonatos como agentes antifúngicos. *Biol Rev.* 66:159 - 187.
- Hernández, M. (2002). Análisis económico de experimentos agrícolas con presupuestos parciales: re enseñando el uso de este enfoque. *La Calera.* 2(2): 40-48
- IGAC - Instituto Geográfico Agustín Codazzi. (2004). Estudio general de suelos y clasificación de tierras del departamento de Nariño. Subdirección de agrología. Bogotá D.C. 220.
- INIAP - Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias. (2002). El cultivo de la papa en Ecuador. Primera edición. Ecuador: Manuel Pumisacho y Stephen Sherwood. 231p.
- Infante, D.; Martínez, B.; González, N. y Reyes, Y. (2009). Mecanismos de acción de *Trichoderma* frente a hongos fitopatógenos. *Protección Vegetal.* 24(1):14-21.
- Jerez, E. y Martín, R. (2012). Comportamiento del crecimiento y el rendimiento de la variedad de papa (*Solanum tuberosum* L.) spunta. *Cultivos Tropicales.* 33(4):53 – 58.
- Jerez-Mompié, E.; Martín-Martín, R. y Morales-Guevara, D. (2017). Evaluación del crecimiento y composición por tamaño por tubérculos de plantas de papa para semilla. *Cultivos Tropicales.* 38(4):102-104
- Lizzi, Y.; Coulomb, C. y Polian, C. (1998). Seaweed and Mildew: ¿What does the future hold?. *Phytoma, The defense of plant.* 508(1):29-30.

- Morales, H. (1994). Relación entre la epidemia de *Phytophthora infestans* y la producción en el cultivo de papa (*Solanum tuberosum*). Recuperado de Repositorio digital INIAP, <http://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/565>; consulta junio, 2017.
- Moreno, E. (2011). Aplicación de dos fosfitos artesanales en el cultivo de fresa (*Fragaria vesca* L.). Recuperado de <http://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/877>; consulta julio, 2017.
- Narváez, J.; Palacio, J. y Molina, F. (2012). Resistencia de plaguicidas en el ambiente y su ecotoxicidad. *Gestión y ambiente*. 15(3):27-37.
- Niere, J.; Deangelis, G. y Grant, B. (1994). El efecto del fosfonato en los componentes de fosfato soluble en ácido en el género *Phytophthora*. *Microbiología*. 140: 1661-1670.
- Orozco, J. y López, M. (2001). Evaluación de características agronómicas, de calidad industrial y resistencia a *Phytophthora infestans* (Mont) de Bary en 19 clones de papa *Solanum tuberosum* L. Recuperado de <http://www.sidalc.net/cgi-bin/wxis.exe/?IsisScript=bac.xis&method=post&formato=2&cantidad=1&expresion=mfn=027191>; consulta marzo, 2017.
- Oyarzun, P.; Taípe, J. y Forbes, G. (2001). *Phytophthora infestans* su actividad y particularidades en el Ecuador. Recuperado de https://research.cip.cgiar.org/confluence/download/attachments/37192020/1.3_P.i._s_u_actividad_y_particularidades_en_el_Ecuador_perfil_de_paisOK.pdf?version=1&modificationDate=1273564325000&api=v2; consulta: octubre 2017.
- Pinza, M. (2005). Producción de semilla prebásica de papa (*Solanum tuberosum*) en invernadero con tres orígenes y aporques. Recuperado de <http://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/1990/1/Tesis-016agr.pdf>; consulta: junio, 2017.

- Prieto, R. (2011). Determinación, aislamiento, purificación y caracterización parcial de tioninas presente en espacios intracelulares de plantas de tomate resistentes (*Lycopersicum esculentum* var. Cerasiforme) después de infección con *Phytophthora infestans*. Recuperado de <http://www.bdigital.unal.edu.co/5169/>; consulta: noviembre, 2017.
- Rodríguez, A.; Suárez, S. y Palacio, D. (2014). Efectos de los plaguicidas sobre el ambiente y la salud. *Revista Cubana de higiene y epidemiologia*. 52(3):372-387.
- Rodríguez, F. (2017). El fosfito: frontera entre la nutrición de cultivos y el control de enfermedades. *Ciencias de la química y agronomía*. 8(19):48-54.
- Romero, G.; Lozoya, H.; Mora, G.; Fernández, S. y Grünwald, N. (2012). Rendimiento de papa en función de epidemia por tizón tardío (*Phytophthora infestans* (Mont) de Bary). *Revista de fitotecnia México*. 35(1):69 – 78.
- Secretaria de Agricultura y Desarrollo Rural. (2016). Consolidado agropecuario de Nariño. Nariño. 26.
- Taípe, A.; López, H.; Andrade-Piedra, J. y Forbes, G. (2008). Evaluación de fosfitos en el control de tizón tardío (*Phytophthora infestans*) para producción sana de papa en el Ecuador. XXIII Congreso de la asociación latinoamericana de la papa. Quito-Ecuador. 1-3.
- Wang, H.; Yan, Y.; Wang, J.; Zhang, H. y Qi, W. (2012). Producción y caracterización de compuestos antifúngicos producidos por *Lactobacillus plantarum* IMAU10014. En Plos one, 7(1), e29452, doi: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0029452>
- Wiersema, S. (1987). Efecto de la densidad de tallos en la producción de papa. Boletín de información técnica 1. Centro internacional de la papa. Lima. 16.

Zapata, J. (2001). Aspectos sobre el tizón tardío en Colombia Perfil de país. Recuperado CIP, https://research.cip.cgiar.org/confluence/download/attachments/37192020/1.2_Aspectos_sobre_el_tizon_tardio_en_Colombia_perfil_de_paisOK.pdf?version=1&modificationDate=1273564325000; consulta: septiembre, 2017.